

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
21. April 2005 (21.04.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/036191 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01R 31/36**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/051981

(22) Internationales Anmeldedatum:

1. September 2004 (01.09.2004)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10347110.3 10. Oktober 2003 (10.10.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]**; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BOLZ, Stephan** [DE/DE]; Lehenweg 14, 93102 Pfatter (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

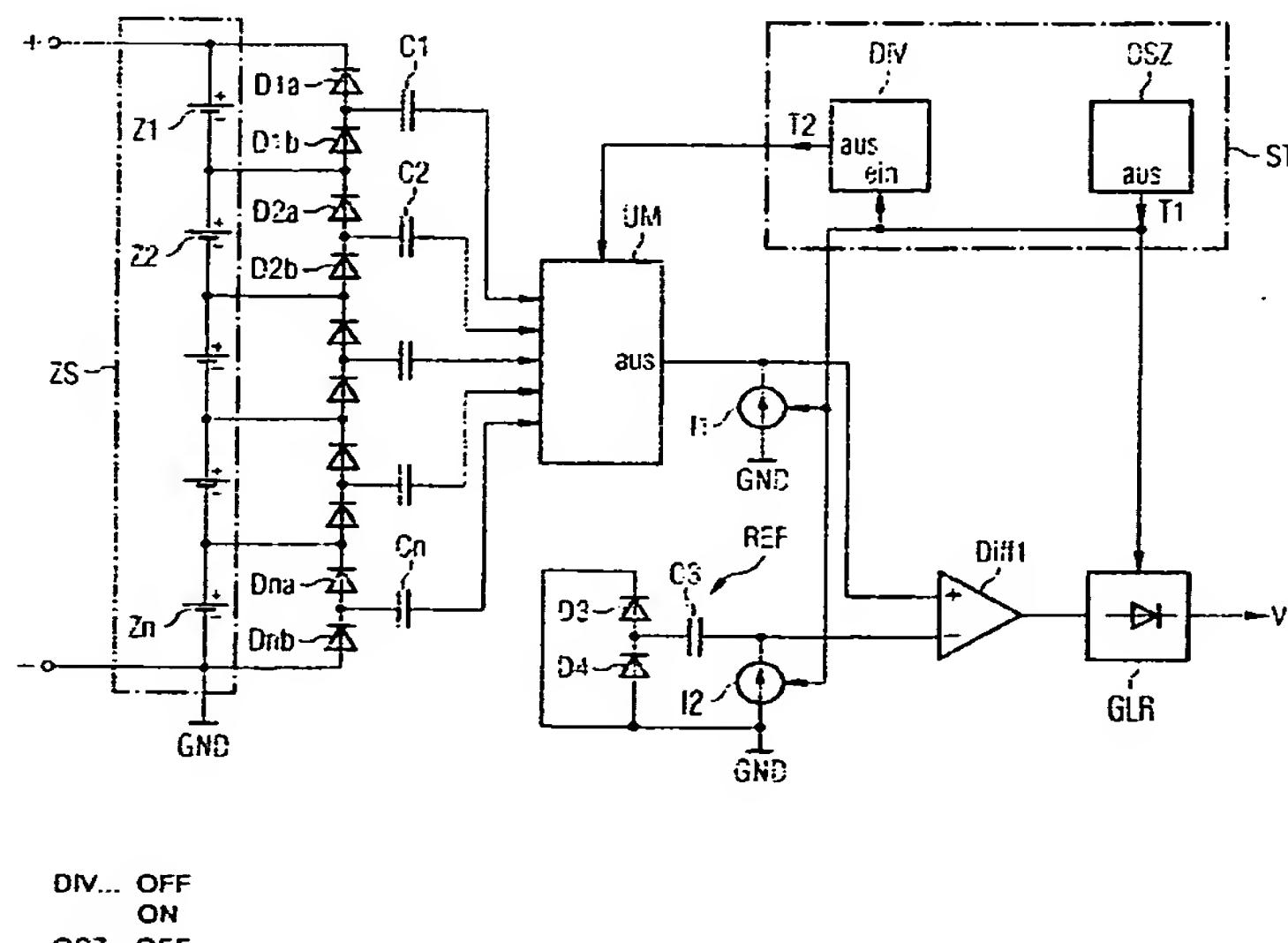
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR MEASURING INDIVIDUAL CELL VOLTAGES IN A CELL STACK OF AN ENERGY ACCUMULATOR

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM MESSEN EINZELNER ZELLENSPANNUNGEN IN EINEM ZELLENSTAPEL EINES ENERGIESPEICHERS



(57) Abstract: The invention relates to a device and method for measuring individual cell voltages of cells in a cell stack (ZS) of an energy accumulator. To this end, a series connection consisting of two diodes (D1a-Dnb) is placed parallel to each cell, the connecting points of these diodes are connected to a changeover switch via a respective capacitor and to a differential amplifier (Diff1) via this changeover switch, and an alternating current of a specified frequency and amplitude is fed into these capacitors while generating an alternating voltage corresponding to the cell voltage. This alternating voltage, after rectifying, becomes a direct voltage to ground value for the cell voltage.

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

WO 2005/036191 A1



TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

---

**(57) Zusammenfassung:** Vorrichtung und Verfahren zum Messen einzelner Zellenspannungen der Zellen in einem Zellenstapel (ZS) eines Energiespeichers, wobei parallel zu jeder Zelle eine Reihenschaltung zweier Dioden (D1a-Dnb) angeordnet ist, wobei die Verbindungspunkte dieser Dioden über je einen Kondensator über einen Umschalter mit einem Differenzverstärker (Diff1) verbunden sind, und in diese Kondensatoren ein Wechselstrom bestimmter Frequenz und Amplitude eingespeist wird, welcher eine der Zellenspannung entsprechende Wechselspannung erzeugt, die nach Gleichrichtung zu einem massebezogenen Gleichspannungswert für die Zellenspannung wird.

## Beschreibung

Vorrichtung und Verfahren zum Messen einzelner Zellenspannungen in einem Zellenstapel eines Energiespeichers.

5

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Messen einzelner Zellenspannungen in einem Zellenstapel eines Energiespeichers, insbesondere eines Energiespeichers in einem Kraftfahrzeug-Bordnetz.

10

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betreiben dieser Vorrichtung.

15

In künftigen Kraftfahrzeug-Bordnetzen kommen neben heute üblichen Blei-Säure-Akkumulatoren auch andere, ebenfalls aus Einzelzellen aufgebaute Energiespeicher zum Einsatz, beispielsweise Nickel-Metall-Hydrid-Speicher, Lithium-Ionen-Speicher und Doppelschichtkondensatoren.

20

Bei Blei-Säure-Akkumulatoren erfolgt ein Ladungsausgleich zwischen den Einzelzellen des Akkumulators durch mäßiges Überladen des Akkumulators solange, bis schließlich alle Zellen geladen sind.

25

Aus EP 0 432 639 A2 ist bekannt, bei einer Vielzahl von in Reihe geschalteten Akkumulatoren einen Ladungsausgleich zwischen einem schwach geladenen Akkumulator und der Gruppe der übrigen Akkumulatoren mittels eines Rechteckgenerators, welcher über einen Transformator mit diesen Akkumulatoren verbunden ist, herbeizuführen.

30

Bei den genannten, neuartigen Energiespeichern ist jedoch die Empfindlichkeit der einzelnen Zellen gegen Überladung bzw. Überspannung ein Problem. Im Gegensatz zu Blei-Säure-Akkumulatoren darf beispielsweise bei einem Lithium-Ionen-Speicher die Ladespannung einer Zelle einen Wert von etwa 4.2V nicht wesentlich übersteigen, da sonst die Gefahr einer Zerstörung

oder sogar Entflammung besteht. Bei Doppelschichtkondensatoren beträgt die maximale Ladespannung etwa 2.5 bis 2.7V.

Infolge fertigungsbedingter, unterschiedlicher Streuung der 5 Selbstentladung der Zellen werden in einem Zellenstapel die Ladezustände und Zellenspannungen bei längerem Betrieb unterschiedliche Werte annehmen.

Ein Problem dabei ist, dass in der Regel nur die Gesamtspannung des Zellenstapels, also des Energiespeichers, als Polspannung erfasst werden kann, nicht aber die Spannung jeder einzelnen Zelle. Es kann also nur "auf Verdacht" periodisch ein Ladungsausgleich durchgeführt werden. Tritt jedoch eine erhöhte Selbstentladung - etwa gegen Lebensende des Energiespeichers - oder ein Fehler in einer Einzelzelle auf, beispielsweise ein Kurzschluss, so kann dieser nicht unmittelbar erfasst werden. Dies kann zur Folge haben, dass sich beim nächsten Ladevorgang die Ladespannung auf weniger Zellen verteilt, so dass Einzelzellen mit einer überhöhten Spannung belastet werden. Dies führt dann zur Zerstörung weiterer Zellen und muss in jedem Fall vermieden werden.

Es ist deshalb sehr wünschenswert, die Spannungen der einzelnen Zellen in einem Zellenstapel eines solchen Energiespeichers zu kennen, um entsprechend reagieren zu können.

Die Messung der einzelnen Zellenspannungen ist schwierig, weil nur die unterste Zelle Massebezug hat, also mit Bezug auf Masse (Bezugspotential) erfasst werden kann, während für 30 alle anderen Zellen eine Umsetzung auf Massepotential erforderlich ist, um sie beispielsweise durch den Analog/Digital-Konverter eines Mikrocontrollers erfassen zu können.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zum Messen der 35 Spannungen der einzelnen Zellen eines Zellenstapels eines Energiespeichers zu schaffen. Es ist auch Aufgabe der Erfin-

dung, ein Verfahren zum Betreiben dieser Vorrichtung anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 3 gelöst.

Ausführungsbeispiele nach der Erfindung werden nachstehend anhand einer schematischen Zeichnung näher erläutert.

10

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

In der Zeichnung zeigen:

15

Figur 1 ein Prinzipschaltbild einer Vorrichtung zur Messung der Zellenspannungen eines aus mehreren Zellen bestehenden Zellenstapels,

20

Figur 2 ein Detailschaltbild einer ersten Vorrichtung zur Messung der Spannung einer Einzelzelle,

Figur 3 Ein- und Ausgangssignale des in der ersten Schaltung verwendeten Differenzverstärkers Diff1,

25

Figur 4 Ein- und Ausgangssignale des in der ersten Schaltung verwendeten Synchrongleichrichters Ampl1,

30

Figur 5 ein Detailschaltbild einer zweiten Vorrichtung mit einem alternativen Synchrongleichrichter Diff2,

Figur 6 Ein- und Ausgangssignale des in der zweiten Schaltung verwendeten Differenzverstärkers Diff1,

35

Figur 7 Ein- und Ausgangssignale des in der zweiten Schaltung verwendeten Synchrongleichrichters Diff2.

Figur 1 zeigt ein Prinzipschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Messen einzelner Zellenspannungen in einem Zellenstapel eines Energiespeichers. Dargestellt ist ein Zellenstapel ZS mit in Reihe geschalteten Zellen Z1, Z2 bis Zn beispielsweise eines Lithium-Ionen-Speichers, wobei die Anschlüsse der Zellen (Plus- und Minuspol) herausgeführt sind. Auf weitere Einzelheiten wird weiter unten näher eingegangen.

Die Erfindung wird zunächst anhand einer Vorrichtung zur Spannungsmessung an einer einzelnen Zelle gemäß eines in Figur 2 dargestellten Detailschaltbildes näher erläutert.

Figur 2 zeigt eine Vorrichtung zum Messen der Spannung einer Einzelzelle Z1 des in Figur 1 dargestellten Zellenstapels ZS, beispielsweise eines Lithium-Ionen-Speichers mit einer Zellenspannung  $U_z=4.2V$ , deren Minuspol mit Bezugspotential GND verbunden ist.

Parallel zu dieser Zelle Z1 ist eine Reihenschaltung zweier Dioden D1a und D1b angeordnet, die in Richtung vom Minuspol zum Pluspol der Zelle Z1 stromleitend sind.

Der Verbindungspunkt der beiden Dioden D1a und D1b ist über einen Kondensator C1 mit dem nichtinvertierenden Eingang a eines Differenzverstärkers Diff1 verbunden.

Eine Referenzschaltung REF weist zwei in Reihe geschaltete Dioden D3 und D4 auf, wobei die Anode der einen Diode - D4 - mit Bezugspotential GND und mit der Katode der anderen Diode - D3 - verbunden ist.

Der Verbindungspunkt der beiden Dioden D3 und D4 ist über einen Kondensator C3 mit dem invertierenden Eingang b des Differenzverstärkers Diff1 verbunden, dessen Ausgang c mit dem Eingang eines Gleichrichters führt, welcher in diesem Ausführungsbeispiel als Synchrondemodulator (Amp1, R1 bis R3 und S1) ausgeführt ist, auf den weiter unten näher eingegangen wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben dieser Vorrichtung arbeitet folgendermaßen:

Von einem Oszillatortakt T1 eines in Figur 2 nicht dargestellten Oszillators werden zwei Wechselstromquellen I1 und I2 gesteuert, wovon die erste Wechselstromquelle I1, zwischen nichtinvertierendem Eingang des Differenzverstärkers Diff1 bzw. dem Kondensator C1 und Bezugspotential GND angeordnet, einen Wechselstrom in den Kondensator C1 einspeist, während die zweite Wechselstromquelle I2, zwischen dem invertierendem Eingang des Differenzverstärkers Diff1 bzw. dem Kondensator C3 und Bezugspotential GND angeordnet, einen Wechselstrom in den Kondensator C3 der Referenzschaltung REF einspeist.

Die Wechselstromquelle I1 beaufschlägt den Kondensator C1 mit einem rechteckförmigen Wechselstrom von beispielsweise  $\pm 100\mu\text{A}$ . Die Taktfrequenz ist dabei so hoch zu wählen, dass sich der Kondensator während der Periodendauer nicht wesentlich auflädt oder entlädt.

In den Figuren 3 und 4 sind die Ein- und Ausgangssignale des Differenzverstärkers Diff1 und des Operationsverstärkers Ampl dargestellt, auf die im Verlauf der Beschreibung Bezug genommen wird.

Die Signale in den Figuren 3, 4, 6 und 7 sind jeweils in eingeschwungenem Zustand dargestellt.

Bei positivem Strom wird die Spannung an beiden Anschlüssen des Kondensators C1 so lange ansteigen, bis Diode D1a stromleitend wird; bei negativem Strom wird die Spannung an beiden Anschlüssen des Kondensators C1 so lange absinken, bis Diode D1b stromleitend wird.

Es entsteht somit eine rechteckförmige Wechselspannung, deren Spitze-Spitze-Wert im eingeschwungenen Zustand der Zellenspannung  $U_z$ , vermehrt um die Durchlassspannungen  $U_d$  der bei-

den Dioden D1a und D1b, entspricht:  $V1 = Uz + 2Ud = 4.2V + 2*0.64V = 5.48V = \pm 2.74V$  (siehe Figur 3a).

Die Wechselstromquelle I2 treibt mit gleicher Kapazität ( $C3 = 5 C1$ ) und Stromwert  $\pm 100\mu A$  den Kondensator C3 über die Durchlassspannungen der beiden Dioden D3 und D4. Da diese beiden Dioden mit Bezugspotential GND verbunden sind, beträgt die Wechselspannung hier  $V2 = 0V + 2*0.64V = 1.28V = \pm 0.64V$  (siehe Figur 3b). Dies ist die Wechselspannungsreferenz.

10

Im Differenzverstärker Diff1 wird nun die Differenz  $V1 - V2$  gebildet:  $V1 - V2 = 5.48V - 1.28V = 4.2V$ . Da der Differenzverstärker in diesem Ausführungsbeispiel beispielsweise einen Verstärkungsfaktor von "2" hat, erscheint an seinem Ausgang c 15 eine Wechselspannung von  $8.4V = \pm 4.2V$  (siehe Figur 3c).

Die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers Diff1 wird nun dem Synchrondemodulator Ampl zugeführt. Dessen Eingangssignal am invertierenden Eingang entspricht dem Ausgangssignal des 20 Differenzverstärkers Diff1 (Figur 4a = Figur 3c).

Der Synchrondemodulator besteht aus einem Operationsverstärker Ampl, Widerständen R1 bis R4 und einem Kondensator C4. Zwischen dem nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers Ampl und Bezugspotential GND ist ein Schalter S1 angeordnet, welcher vom Oszillatortakt T1 umgeschaltet wird 25 (Figur 4b).

Bei geöffnetem Schalter S1 (positive Amplitude des Rechtecksignals) hat der Operationsverstärker Ampl einen Verstärkungsfaktor von "+1", bei geschlossenem Schalter S1 (negative Amplitude des Rechtecksignals) von "-1". In Figur 4b ist angedeutet, wie Schalter S1 den nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers Ampl periodisch mit Bezugspotential 35 verbindet und so den Verstärkungsfaktor umschaltet.

Das Ausgangssignal  $V_+$  am Ausgang der Schaltung folgt dem Ausgangssignal des Operationsverstärkers Ampl, gefiltert mit einem aus Widerstand R4 und Kondensator C4 gebildeten Filter, wodurch etwaige Schaltstörungen eliminiert werden. Das Ausgangssignal  $V_+$  entspricht der Spannung Uz der Zelle Z1 und ist am Ausgang des Synchondemodulators, bezogen auf Bezugspotential GND (bzw. Massepotential, 0V) abgreifbar.

In Figur 5 ist ein weiteres Detailschaltbild, wie in Figur 2 gezeigt, jedoch mit einer alternativen Ausführung eines Synchondemodulators, bestehend aus den Bauelementen Diff2, S2, S3, C5 und C6, dargestellt.

Die Schaltung von der Zelle Z1 über die Dioden D1a, D1b, D3, D4, die Kondensatoren C1 und C3 sowie die Wechselstromquellen I1 und I2 bis zum Ausgang c des Differenzverstärkers Diff1 entspricht der in Figur 2 dargestellten Schaltung. Auch die Eingangssignale an den Eingängen a (Figur 6a) und b (Figur 6b) entsprechen denen nach Figur 3a und 3b.

Das Ausgangssignal am Ausgang c des Differenzverstärkers Diff1 wird mittels zweier paralleler Schalter S2 und S3, mit dem Oszillatortakt T1 abwechselnd

- mit einem Kondensator C5 sowie dem nichtinvertierenden Eingang a eines weiteren Differenzverstärkers Diff2, bzw.
- mit einem Kondensator C6 sowie dem invertierenden Eingang b des weiteren Differenzverstärkers Diff2 verbunden.

Bei positiver Amplitude des Oszillatortakts T1 ist Schalter S2 geschlossen (leitend) und Schalter 3 geöffnet; bei negativer Amplitude des Oszillatortakts T1 ist Schalter S3 geschlossen und Schalter 2 geöffnet. Dadurch wird Kondensator C5 auf den positiven Wert (Figur 7b) und Kondensator C6 auf den negativen Wert (Figur 7b) des am Ausgang c des Differenzverstärkers Diff1 erscheinenden Wechselspannungs-Ausgangssignals (Figur 7a = Figur 6c) geladen.

Der weitere Differenzverstärker Diff2 bildet nun die Differenz der beiden an seinen Eingängen a und b anliegenden Gleichspannungen (im Beispiel Figur 7b: +2.10V und -2.10V = 4.20V: Figur 7c), die an seinem Ausgang c als massebezogene 5 Gleichspannung  $V_0$ , welche der Zellenspannung  $U_Z$  entspricht, abgegriffen werden kann.

Ist in den Figuren 2 und 5 jeweils ein Detailschaltbild zum Messen einer einzigen Zellenspannung dargestellt, um das Verfahren 10 besser erklären zu können, so zeigt Figur 1 ein Prinzipschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Messen einer Vielzahl von Zellenspannungen in einem Zellenstapel eines Energiespeichers.

15 Dargestellt ist ein Zellenstapel ZS mit in Reihe geschalteten Zellen Z1, Z2 bis Zn beispielsweise eines Lithium-Ionen-Speichers. Parallel zu jeder Zelle ist die Reihenschaltung zweier Diode D1a-D1b bis Dna-Dnb angeordnet, die in Richtung vom Minuspol zum Pluspol der Zelle stromleitend sind.

20 Die Verbindungspunkte der beiden jeweils einer Zelle zugeordneten Diode D1a-D1b bis Dna-Dnb sind über je einen Kondensator C1 bis Cn zu den Anschlüssen eines Umschalters UM geführt, der sie nacheinander, vom Teilersignal T2 einer Takt- 25 steuerung ST gesteuert, mit seinem Ausgang verbindet.

Die Taktsteuerung ST besteht aus einem Oszillatator OSZ, welcher ein Oszillatortaktsignal T1, eine rechteckige Wechselspannung einer bestimmten Frequenz, erzeugt, die mittels eines Frequenzteilers DIV zu einem Teilersignal T2 herabgesetzt wird, um den Umschalter UM nach erfolgter Erfassung der Zellenspannung weiterzuschalten.

30 Der Umschalter UM muss eine der Anzahl der Zellen des Zellenstapels entsprechende Zahl von Schaltstellungen aufweisen, die eine Größenordnung von 20 bis 30 (bei Doppelschichtkon-

densatoren) erreichen kann. Dieser Umschalter kann beispielsweise als CMOS-Schalter ausgeführt sein.

Vom Oszillatortakt T1 des Oszillators OSZ werden die aus Figur 2 bekannten beiden Wechselstromquellen I1 und I2 gesteuert, wovon die erste Wechselstromquelle I1 einen Wechselstrom über den Umschalter UM je nach dessen Schaltstellung in einen der Kondensatoren C1 oder C2 bis Cn einspeist, während die zweite Wechselstromquelle I2 einen Wechselstrom in den Kondensator C3 der Referenzschaltung REF einspeist, die neben diesem Kondensator C3 wieder zwei Dioden D3 und D4 aufweist, deren Verbindungspunkt mit dem Kondensator C3 verbunden ist.

Der Ausgang des Umschalters UM und der nicht mit den Dioden D3, D4 verbundene Anschluss des Kondensators C3 sind mit den Eingängen a und b des Differenzverstärkers Diff1 verbunden, dessen Ausgang c mit einem vom Oszillatortakt T1 gesteuerten Gleichrichter GLR verbunden ist, an dessen Ausgang nacheinander eine der jeweiligen Zellenspannung Uz proportionale Gleichspannung V= erscheint.

Der Gleichrichter GLR kann als ein in Figur 2 oder Figur 5 dargestellter Synchrondemodulator Ampl1 oder Diff2 ausgebildet sein.

Das Ausgangssignal V= des Gleichrichters GLR entspricht im eingeschwungenen Zustand der Spannung Uz der jeweils mit dem Umschalter UM ausgewählten Zelle, nun aber potentialverschoben mit Bezug auf Masse GND.

Entsprechend wird mit jedem Weiterschalten des Umschalters UM die entsprechende Zellenspannung am Ausgang des Gleichrichters GLR dargestellt. Im Ergebnis werden so die einzelnen Zellenspannungen nacheinander massebezogen abgebildet.

Zur Überwachung der Zellenspannungen kann im einfachsten Falle die Spannungsfolge mit einem Grenzwertvergleicher gegen

einen unteren und einen oberen Wert verglichen werden. Ein Überschreiten des Maximalwertes weist dabei auf eine Überspannung der Zelle hin; ein Unterschreiten des Minimalwertes auf einen Kurzschluss. Diese Information kann nun einer Überwachungseinheit zugeführt werden, die daraufhin geeignete Maßnahmen ergreift; etwa einen Abbruch des Ladevorganges, das Einleiten eines Ladeausgleichsvorganges, oder eine Information an den Fahrer, dass eine Werkstatt aufgesucht werden muss.

10 Die Überwachung mittels Grenzwertvergleicher ist allerdings recht grob. So ist beispielsweise die betroffene Zelle nicht identifizierbar. Auch ist bei einem Ladungsausgleichsvorgang das Erreichen des Ladungsgleichgewichtes nicht erkennbar.

15 Bei einer verfeinerten Überwachung mittels Microcontroller können die Spannungswerte  $V=$  nacheinander im zeitlichen Bezug zum Schalttakt des Umschalters erfasst werden, so dass eine weitere Bewertung der Zellenspannung mittels Überwachungssoftware erfolgen kann.

20 Beim Ladungsausgleich ist das langsame Angleichen der einzelnen Zellenspannungen erkennbar, so dass eine Beendigung des Lade- oder Umladevorganges bestimmt werden kann.

25 Auch ist eine Langzeitüberwachung der Einzelzellen möglich, so dass - etwa bei erkennbarem Abfall der Kapazität einer Zelle, einem Anstieg der Selbstentladung oder einem Anstieg des Innenwiderstandes einer Zelle - ein Warnhinweis abgegeben werden kann, dass ein Werkstattbesuch erforderlich ist.

30 Dies erhöht die Zuverlässigkeit des Systems ganz wesentlich und senkt die Reparaturkosten, da nun nur noch die defekte Zelle ersetzt werden muss und nicht mehr der ganze Zellenstapel.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Messen einzelner Zellenspannungen (Uz) der Zellen (Z1 bis Zn) in einem Zellenstapel (ZS) eines Energiespeichers, insbesondere eines Energiespeichers in einem Kraftfahrzeug-Bordnetz,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
10 dass parallel zu jeder Zelle (Z1 bis Zn) eine Reihenschaltung zweier Dioden (D1a-D1b bis Dnn-Dnb), die in Richtung vom Minuspol zum Pluspol der Zelle (Z1 bis Zn) stromleitend sind, angeordnet ist,  
15 dass ein Umschalter vorgesehen ist, welcher eine der Anzahl der Zellen (Z) des Zellenstapels (ZS) entsprechende Zahl von einzelnen Schaltstellungen zugeordneten Anschlüssen aufweist, welche über je einen Kondensator (C1 bis Cn) mit den Verbindungspunkten der den Zellen zugeordneten Dioden  
20 (D1a-D1b bis Dna-Dnb) verbunden sind,  
dass eine Referenzschaltung (REF) vorgesehen ist, welche zwei in Reihe geschaltete Dioden (D3, D4) aufweist, wobei die Anode der einen Diode (D4) mit Bezugspotential (GND) und  
25 mit der Katode der anderen Diode (D3) verbunden ist,  
dass ein Differenzverstärker (Diff1) vorgesehen ist, dessen nichtinvertierender Eingang mit dem Ausgang des Umschalters (UM) verbunden ist, und dessen invertierender Eingang über  
30 einen Kondensator (C3) mit dem Verbindungspunkt der beiden Dioden (D3, D4) verbunden ist,  
dass ein gesteuerter Gleichrichter (GLR) vorgesehen ist, dessen Eingang mit dem Ausgang des Differenzverstärkers  
35 (Diff1) verbunden ist, und an dessen Ausgang eine der Zellenspannung (Uz) der jeweils über den Umschalter (UM) aus-

gewählten Zelle proportionale, auf Bezugspotential (GND) bezogene Gleichspannung (V=) abgreifbar ist,

5 dass eine erste, gesteuerte Wechselstromquelle (I1) vorgesehen ist, die zwischen dem nichtinvertierendem Eingang des Differenzverstärkers (Diff1) und Bezugspotential (GND) angeordnet ist,

10 dass eine zweite, gesteuerte Wechselstromquelle (I2) vorgesehen ist, die zwischen dem invertierendem Eingang des Differenzverstärkers (Diff1) und Bezugspotential (GND) angeordnet ist, und

15 dass eine Taktsteuerung (ST) vorgesehen ist, welche einen Oszillator (OSZ) aufweist, der ein Oszillatortaktsignal (T1) ausgibt, und einen Frequenzteiler (DIV) aufweist, welcher ein Teilersignal (T2) ausgibt,  
20 wobei die beiden Wechselstromquellen (I1, I2) und der Gleichrichter (GLR) mit dem Oszillatortakt (T1) gesteuert werden und der Umschalter (UM) mit dem Teilersignal (T2) gesteuert wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
25 der Gleichrichter (GLR) als ein vom Oszillatortakt (T1) gesteuerter Synchrondemodulator (Amp1, Diff2) ausgebildet ist.

3. Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung nach Anspruch 1,  
30 dadurch gekennzeichnet,

dass zum Messen der Zellenspannung (Uz) einer bestimmten Zelle (Z1 bis Zn) des Zellenstapels (ZS) ein erster, rechteckförmiger Wechselstrom bestimmter Frequenz (T1) und Amplitude in den der Zelle zugeordneten Kondensator (C1 bis Cn) eingespeist wird, wodurch eine Wechselspannung (V1) ent-

steht, welche der Zellenspannung (Uz), vermehrt um die Durchlassspannungen (Ud) der beiden zur Zelle (Uz) parallel liegenden Dioden (D1a-D1b bis Dann-Dnb) entspricht,

5 dass ein dem ersten, rechteckförmigen Wechselstrom in Frequenz und Amplitude gleicher Wechselstrom in den der Referenzschaltung (REF) zugeordneten Kondensator (C3) eingespeist wird, wodurch eine auf Masse (Bezugspotential GND) bezogene Wechselspannung (V2) entsteht, welche der Durch-  
10 lassspannung ( $2 \cdot Du$ ) der beiden der Referenzschaltung (REF) zugeordneten Dioden (D3, D4) entspricht,

dass die Differenz (V1-V2) der beiden Wechselspannungen (V1, V2) gebildet wird, wodurch eine der Zellenspannung (Uz) 15 entsprechende Wechselspannung entsteht, und

dass die der Zellenspannung (Uz) entsprechende Wechselspannung gleichgerichtet wird, wodurch eine der Zellenspannung (Uz) entsprechende, auf Masse (Bezugspotential GND) bezogene 20 Gleichspannung (V=) entsteht.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieses Verfahren nacheinander auf alle 25 Zellen (Z1 bis Zn) des Zellenstapels (ZS) angewandt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenz (Taktfrequenz T1) der in die Kondensatoren 30 (C1 bis Cn und C3) eingespeisten Wechselströme so hoch gewählt ist, dass sich die Kondensatoren während der Periodendauer nicht wesentlich auf- oder entladen.

35 6. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Amplituden der in die Kondensatoren (C1 bis Cn und C3) eingespeisten Wechselströme im  $\mu$ A-Bereich liegen.

7. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet,  
dass die der Zellenspannung (Uz) jeder Zelle (Z1 bis Zn) ent-  
sprechende, auf Masse (Bezugspotential GND) bezogene Gleich-  
spannung (V=) einem Grenzwertvergleich mit einem oberen und  
5 einem unteren Grenzwert unterzogen wird, wobei ein Über-  
schreiten des oberen Grenzwertes auf eine Überspannung der  
zelle, und ein Unterschreiten des unteren Grenzwertes auf ei-  
nen Kurzschluss der Zelle hinweist.

10

8. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet,  
dass dass die den Zellenspannungen (Uz) jeder Zelle (Z1 bis  
Zn) entsprechenden, auf Masse (Bezugspotential GND) bezogenen  
Gleichspannungswerte (V=) gespeichert werden, wodurch beim  
15 Ladungsausgleich das langsame Angleichen einzelner Zellen-  
spannungen (Uz) erkennbar wird und eine Beendigung des Lade-  
oder Umladevorgangs bestimmbar ist, sowie eine Langzeitüber-  
wachung jeder einzelnen Zelle (Z1 bis Zn) auf einen Abfall  
20 der Kapazität oder einen Anstieg der Selbstentladung oder des  
Innenwiderstandes erfolgen kann.

1/4

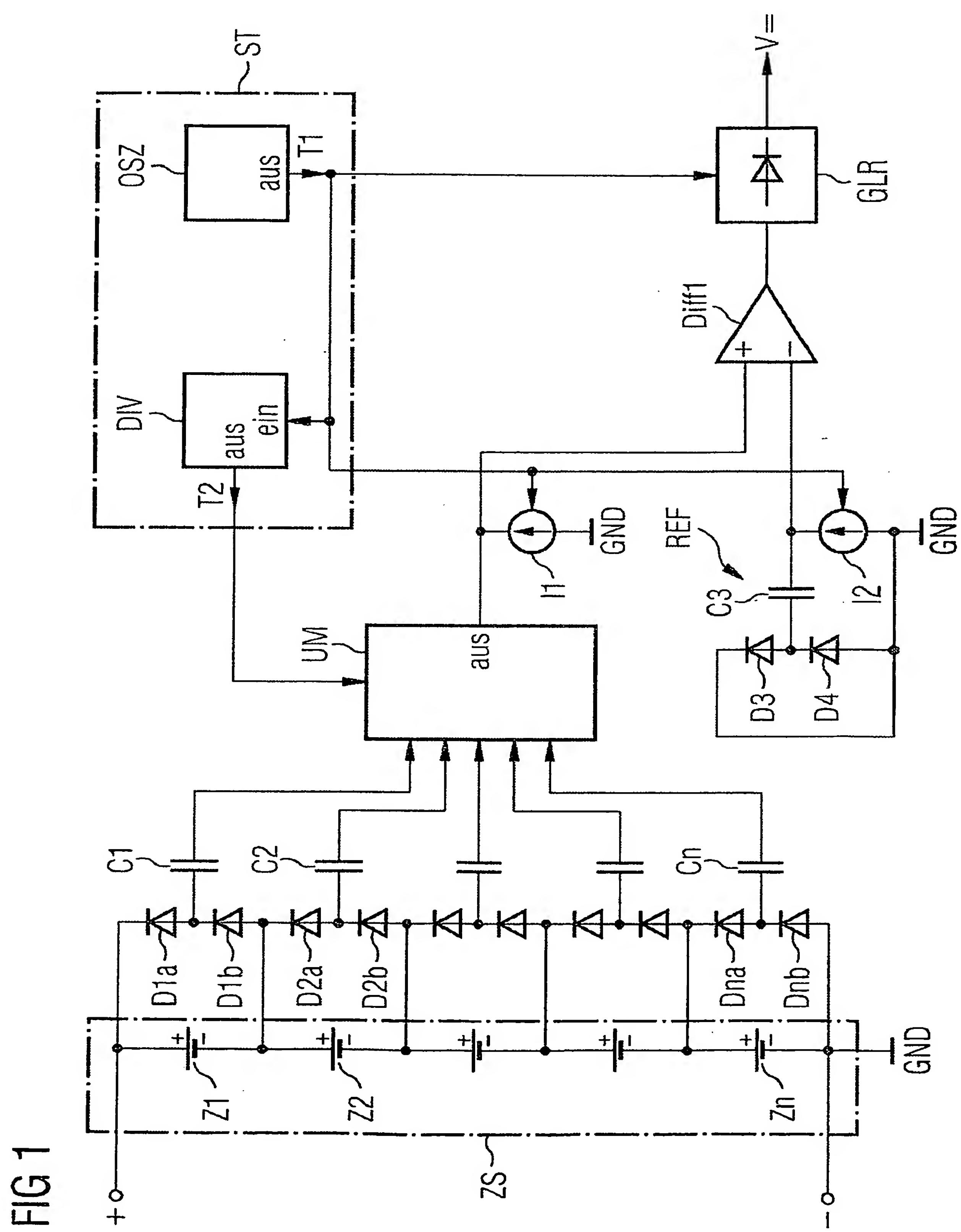


FIG 1

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2/4

FIG 2

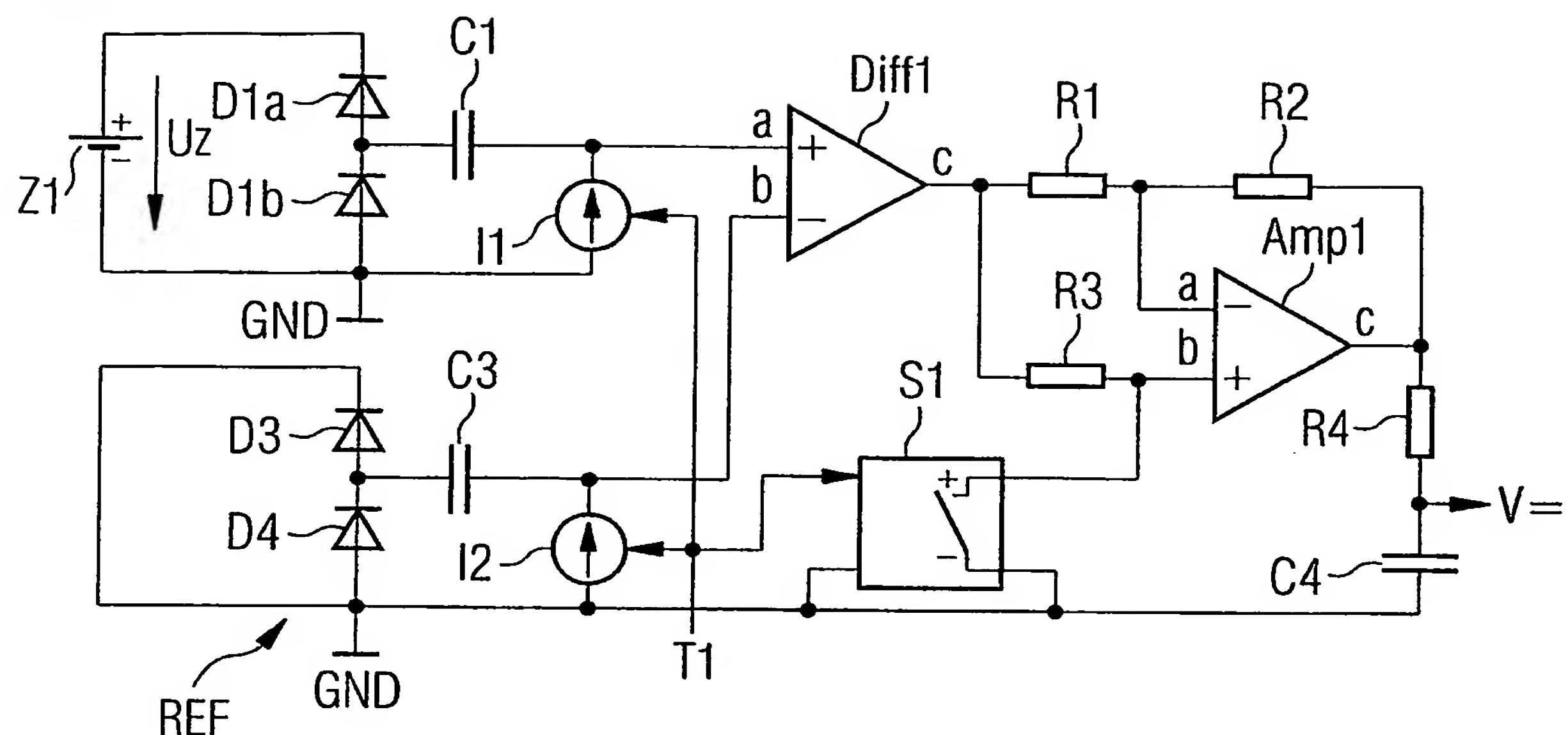


FIG 3A

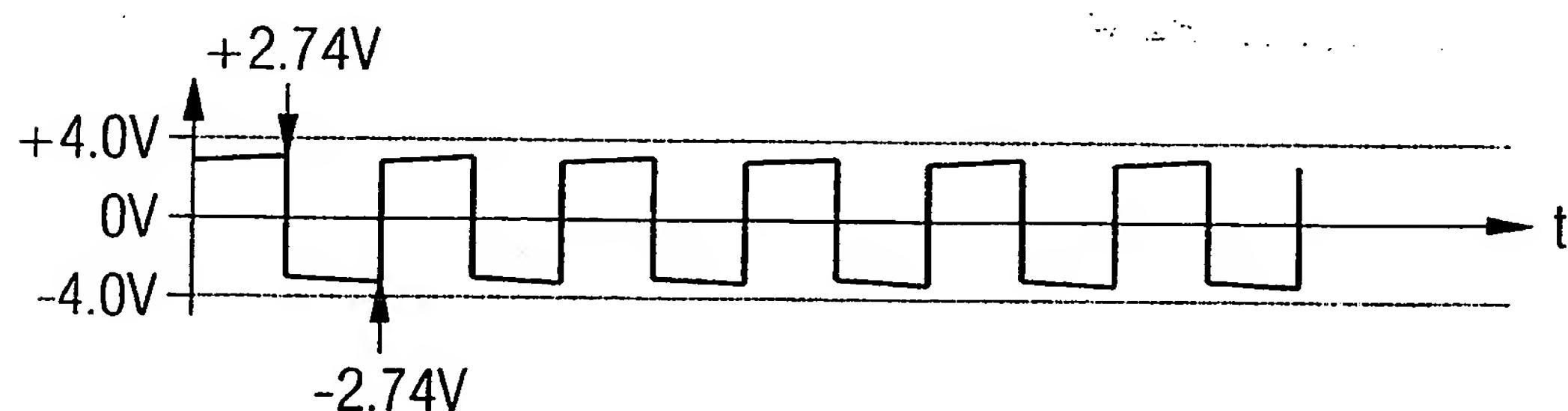


FIG 3B

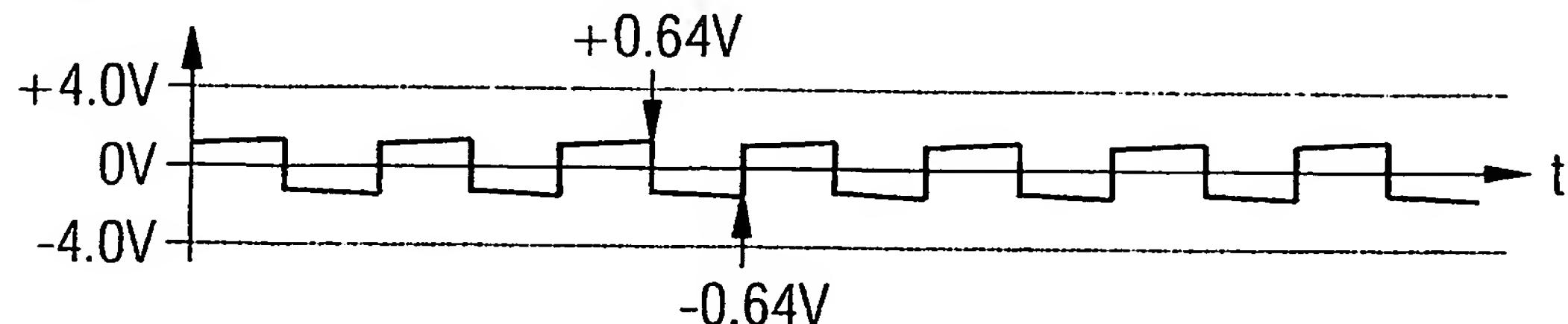
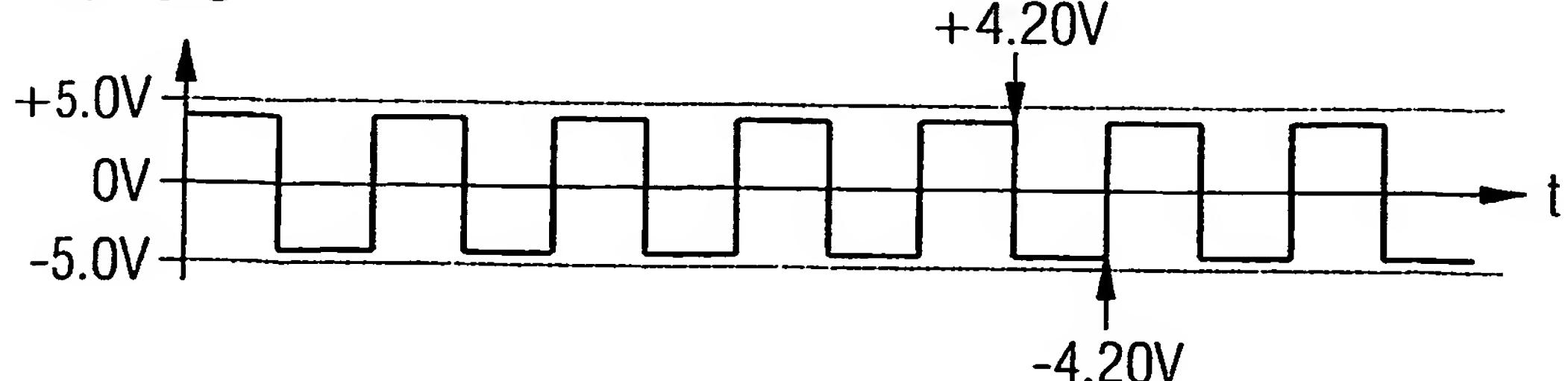


FIG 3C



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

3/4

FIG 4A

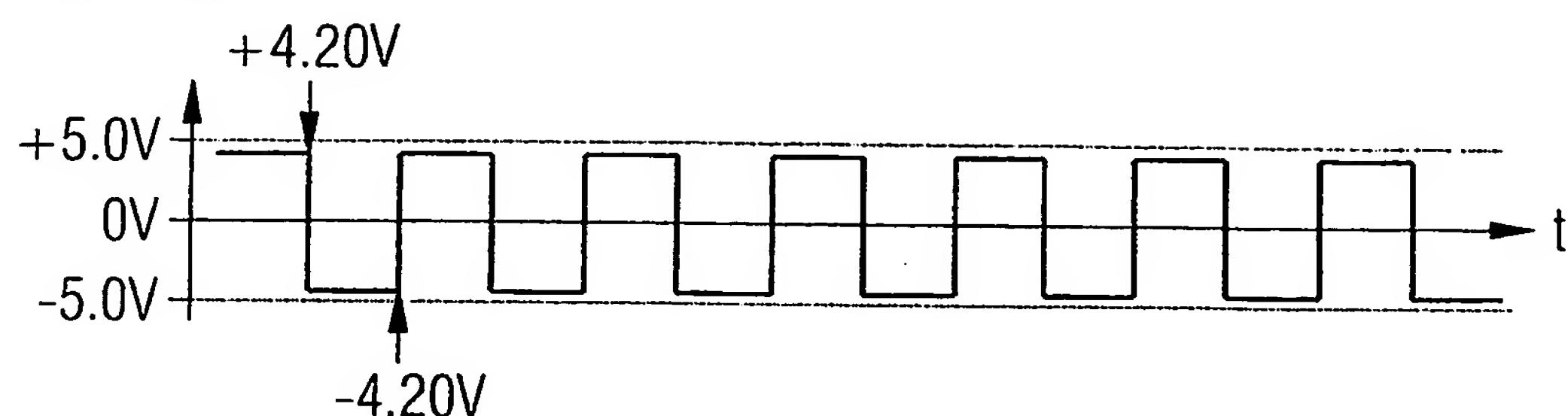


FIG 4B

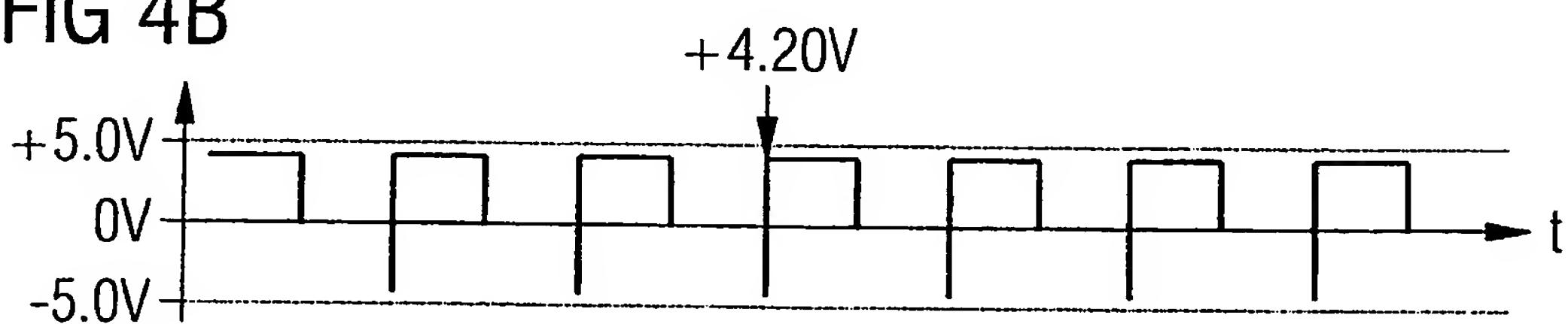


FIG 4C

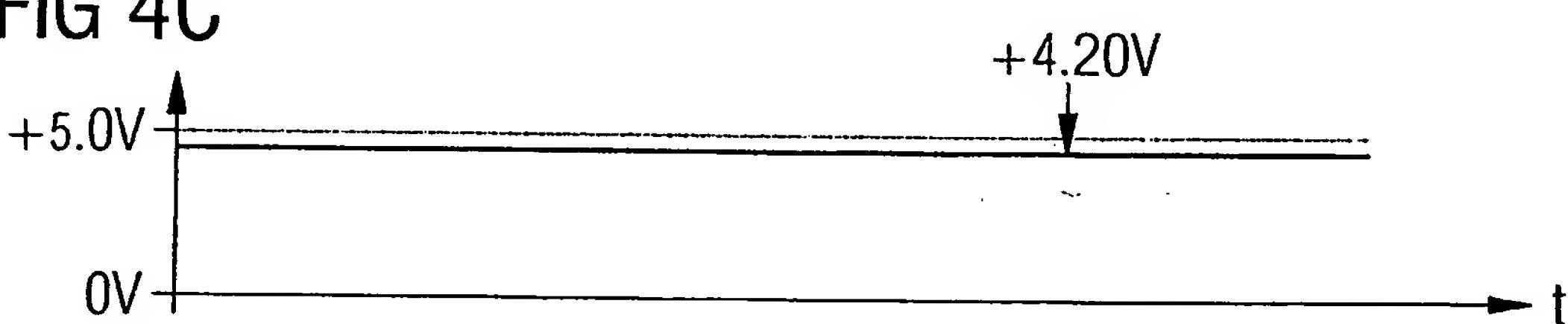
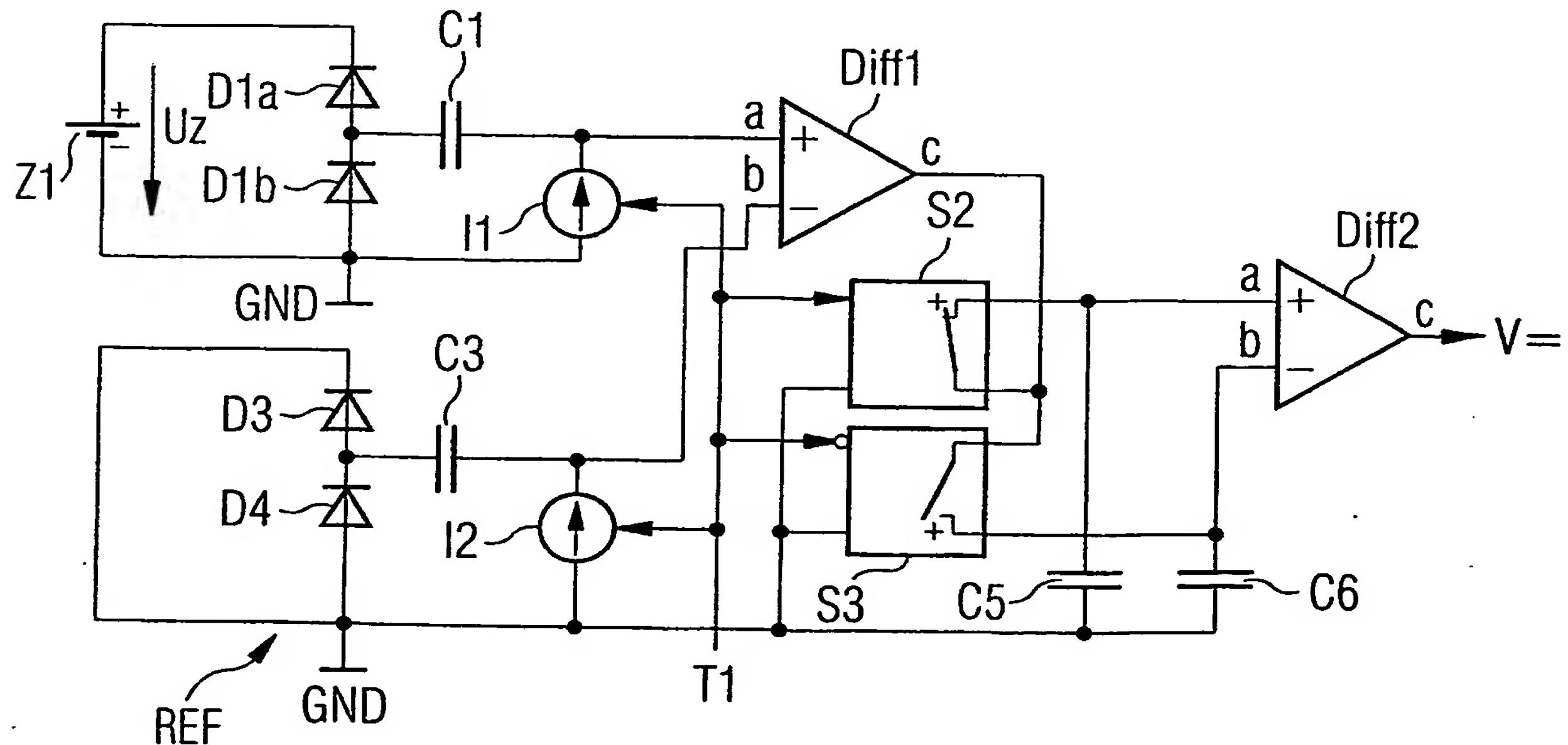


FIG 5



THIS PAGE BLANK (USPTO)

4/4

FIG 6A

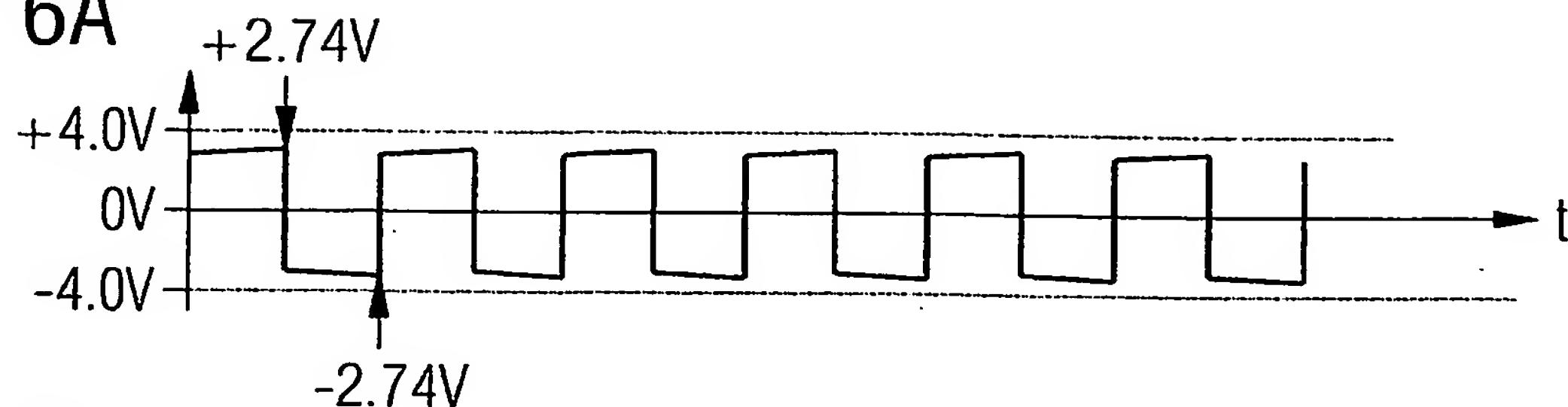


FIG 6B

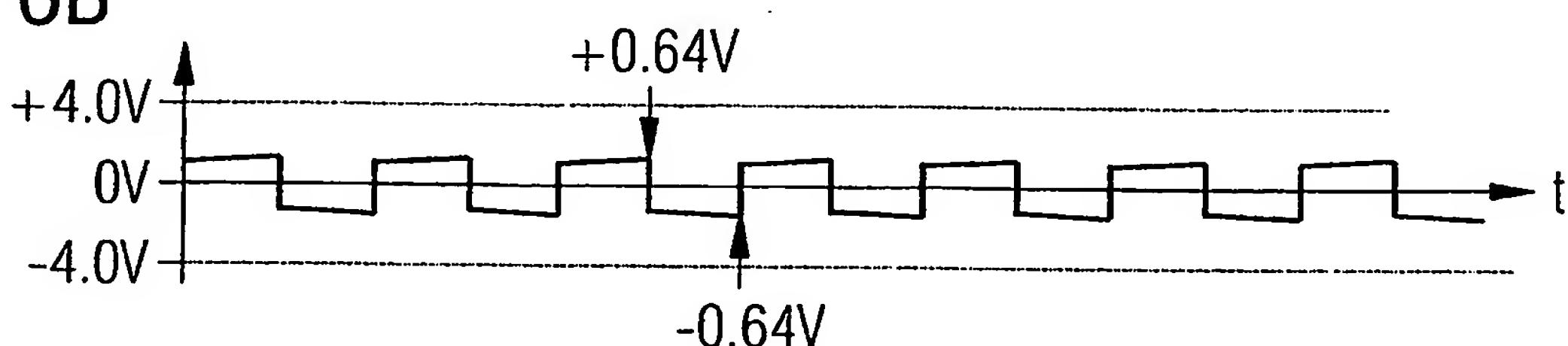


FIG 6C

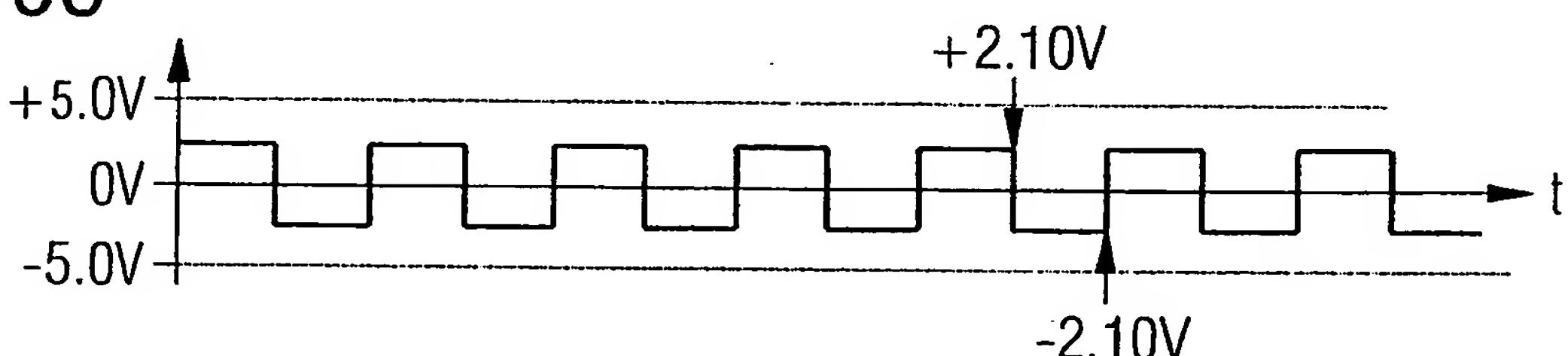


FIG 7A

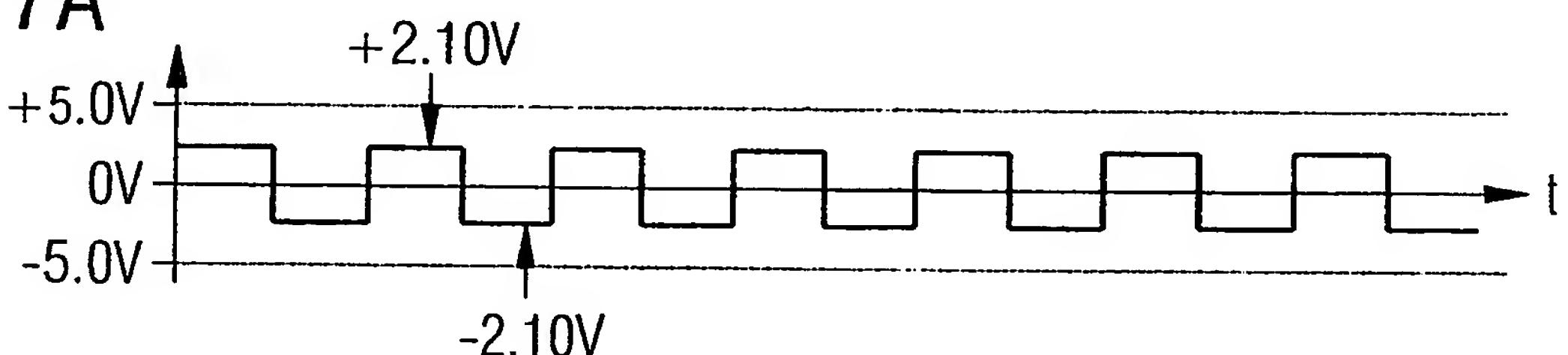


FIG 7B

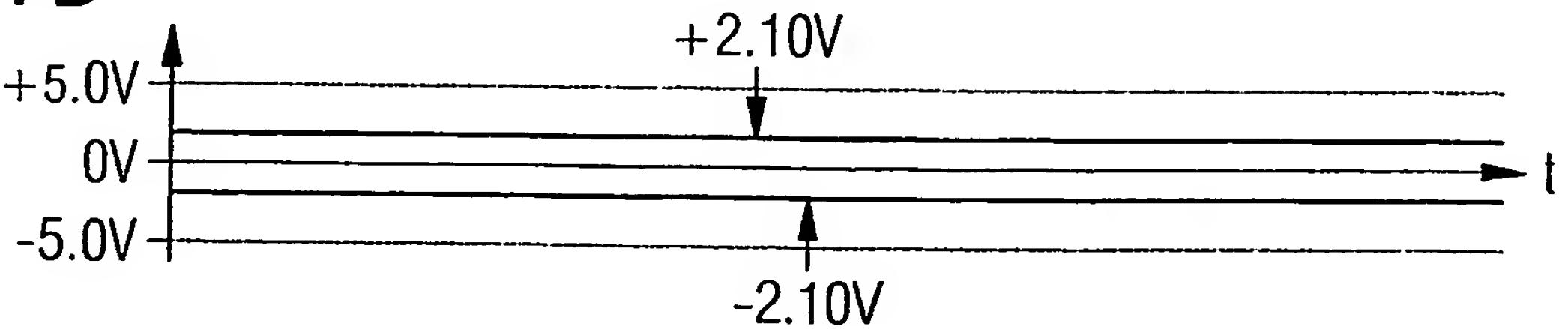
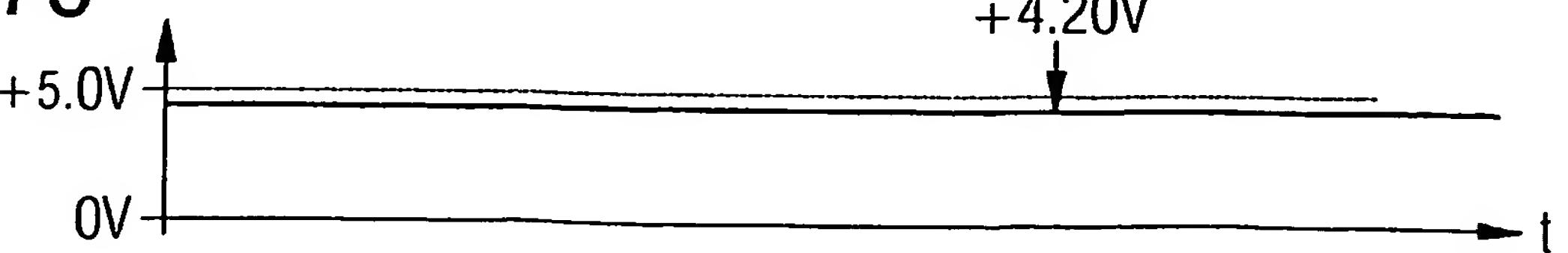


FIG 7C



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**